



⑯ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑯ ⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑯ ⑩ **DE 101 33 409 A 1**

⑯ Int. Cl. 7:  
**B 60 T 8/24**

⑯ ⑯ Aktenzeichen: 101 33 409.5  
⑯ ⑯ Anmeldetag: 13. 7. 2001  
⑯ ⑯ Offenlegungstag: 30. 1. 2003

⑯ ⑯ Anmelder:  
Lucas Automotive GmbH, 56070 Koblenz, DE  
⑯ ⑯ Vertreter:  
Wagner, T., Dipl.-Ing., 56070 Koblenz

⑯ ⑯ Erfinder:  
Einig, Frank, 56076 Koblenz, DE; Knechtges, Josef,  
56727 Mayen, DE  
⑯ ⑯ Entgegenhaltungen:  
DE 199 58 221 A1  
DE 198 30 190 A1  
DE 197 51 925 A1

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑯ ⑯ Fahrzeugbremssystem

⑯ ⑯ Ein Fahrzeugbremssystem, das Regeleinrichtungen umfasst, die das querdynamische Verhalten des Fahrzeugs ermitteln, um durch vom Fahrer unabhängiges Einstellen des Bremsmomentes an einzelnen Fahrzeugrädern ein stabiles Fahrzeugverhalten aufrechtzuerhalten bzw. wiederherzustellen, wird in seiner Leistungsfähigkeit für den Fall ausgestaltet, dass ein seitliches Kippen des Fahrzeugs bei Kurvenfahrt zu verhindern ist. Dazu wird erfahrungsgemäß vorgeschlagen, dass an dem kurvenäußeren Vorderrad ein Bremsmoment erzeugt bzw. ein bereits eingestelltes Bremsmoment erhöht wird.

**DE 101 33 409 A 1**

**DE 101 33 409 A 1**

## Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Fahrzeugbremssystem, das Regeleinrichtungen umfasst, die das querdynamische Verhalten des Fahrzeugs ermitteln, um durch vom Fahrer unabhängiges Einstellen des Bremsmomentes an einzelnen Fahrzeugrädern ein stabiles Fahrzeugverhalten aufrechtzuhalten bzw. wiederherzustellen.

[0002] In bekannter Weise sind heutige Fahrzeugbremssysteme über das Antiblockiersystem (ABS), das ein Blockieren der Räder beim Bremsen verhindert, hinaus mit Regel-einrichtungen ausgestattet, die durch vom Fahrer unabhängiges Abbremsen einzelner Räder die Fahrstabilität aktiv wiederherstellen. So vermeidet die Antriebsschlupfregelung (ASR) das Durchdrehen der Räder beim Antreiben. Darüberhinaus erhöht die Fahrdynamikregelung (FDR) die Fahrsicherheit ganz wesentlich, da der Fahrer in querdynamisch kritischen Situationen aktiv unterstützt wird, in dem beim Untersteuern das kurveninnere Hinterrad und beim Übersteuern das kurvenäussere Vorderrad abgebremst wird. Um dazu das querdynamische Verhalten des Fahrzeugs zu ermitteln, werden beispielsweise der vom Fahrer vorgegebene Lenkwinkel, die Fahrzeugquerbeschleunigung sowie das Gierverhalten des Fahrzeugs um seine Hochachse erfasst.

[0003] Ein Problem stellt die Kippstabilität dar, d. h. die Gefahr des seitlichen Kippens des Fahrzeugs bei Kurvenfahrt. Diese Gefahr wächst mit zunehmender Fahrzeuggesamthöhe und tritt insbesondere auf Fahrbahnoberflächen mit hohem Reibwert auf. Weil das Fahrzeug dann die Kippgrenze vor der Rutschgrenze erreicht, können die Antriebsschlupfregelung und die Fahrdynamikregelung erst gar nicht eingreifen, so dass ein sicherheitskritischer Fahrzustand besteht.

[0004] Von daher hat sich die Erfindung zur Aufgabe gemacht, die Leistungsfähigkeit eines vorgenannten Fahrzeugbremssystems für den Fall auszustalten, dass ein seitliches Kippen des Fahrzeugs bei Kurvenfahrt zu verhindern ist.

[0005] Zur Lösung der Aufgabe wird vorgeschlagen, dass an dem kurvenäusseren Vorderrad ein Bremsmoment erzeugt bzw. ein bereits eingestelltes Bremsmoment erhöht wird.

[0006] Der grosse Vorteil der Erfindung besteht darin, dass aufgrund des an dem kurvenäusseren Vorderrad erzeugten bzw. erhöhten Bremsmomentes ein "leichtes" Untersteuern des Fahrzeugs bewusst hervorgerufen wird, da an dem kurvenäusseren Vorderrad die Seitenführungskraft reduziert wird, so dass einem seitlichen Kippen des Fahrzeugs zuverlässig entgegengewirkt wird. Durch das Wiederherstellen der Kippstabilität ergibt sich bei dem erfindungsgemässen Fahrzeugbremssystem ein bedeutender Sicherheitsvorteil.

[0007] Auch besteht kein Risiko, dass aufgrund des bewusst hervorgerufenen "leichten" Untersteuerns des Fahrzeugs ein querdynamisch kritischer Fahrzustand eintritt, da eine je nach Auslegung des Fahrzeugbremssystems über- oder untergeordnete Fahrdynamikregelung eingreifen kann, wenn aufgrund des an dem kurvenäusseren Vorderrad erzeugten bzw. erhöhten Bremsmomentes ein "kritisches" Untersteuern des Fahrzeugs zu verhindern ist.

[0008] Wie das Bremsmoment an dem kurvenäusseren Vorderrad sowohl größenordnungsmässig als auch verlaufsmässig (z. B. sprungförmig oder rampenförmig) erzeugt bzw. erhöht wird, um in geeigneter Weise ein unkritisches Untersteuern des Fahrzeugs zu erzwingen, wird unter anderem bestimmt aus dem Lenkwinkel, der Fahrzeugquerbeschleunigung sowie dem Gierverhalten (Giergeschwin-

digkeit) des Fahrzeugs um seine Hochachse, wobei auch stationäre Fahrzeugparameter, wie beispielsweise Spurweite und Achsabstand berücksichtigt werden.

[0009] Da die Kippgrenze des Fahrzeugs ganz wesentlich von der Fahrzeugquerbeschleunigung abhängig ist, wird das Bremsmoment an dem kurvenäusseren Vorderrad erzeugt bzw. erhöht, wenn die Fahrzeugquerbeschleunigung bzw. eine mit der Fahrzeugquerbeschleunigung in Beziehung stehende Grösse einen vorherbestimmten Grenzwert überschreitet. Dabei wird als vorherbestimmter Grenzwert eine maximal zulässige Fahrzeugquerbeschleunigung angesetzt, bei der das Fahrzeug bei Kurvenfahrt noch nicht zum seitlichen Kippen neigt. Als mit der Fahrzeugquerbeschleunigung in Beziehung stehende Grösse kann beispielsweise der Winkel des Fahrzeugs herangezogen werden, sofern auf diesen in dem Fahrzeugbremssystem mess- oder rechentechnisch Zugriff besteht.

[0010] Vorzugsweise wird der Grenzwert für die maximal zulässige Fahrzeugquerbeschleunigung in Abhängigkeit vom Beladungszustand des Fahrzeugs vorherbestimmt, sofern dieser dem Fahrzeugbremssystem mess- oder rechentechnisch zur Verfügung steht. Denn insbesondere bei leichten Nutzfahrzeugen, wie Kleintransportern, die einen verhältnismässig hohen Fahrzeugschwerpunkt haben, hängt die Kippgrenze sehr stark vom Beladungszustand ab, insbesondere wenn sich durch Aufbringen von Durchlasten die Fahrzeugschwerpunktshöhe verlagert. Auch vergrössert sich mit zunehmender Beladung der Winkel, da die Fahrzeuggmasse und dadurch die wirkende Zentrifugalkraft zunimmt. Deshalb wird der Grenzwert für die maximal zulässige Fahrzeugquerbeschleunigung mit zunehmender Beladung verringert.

[0011] Der Grenzwert für die maximal zulässige Fahrzeugquerbeschleunigung wird zu Beginn eines jeden Fahrbetriebes auf einen Minimalwert zurückgesetzt. Dabei wird der Beginn eines Fahrbetriebes jedesmal anhand des Einschaltens der Zündung durch den Fahrer festgestellt. Für den Minimalwert, mit dem sich ein seitliches Kippen auch in Extremsituationen noch vermeiden lässt, hat sich in der Praxis eine Fahrzeugquerbeschleunigung in der Größenordnung von drei Metern pro Sekundequaret als sicher erwiesen.

[0012] Um die Ansprechempfindlichkeit der tatsächlichen Kippgrenze im aktuellen Fahrbetrieb anzupassen, wird der Grenzwert für die maximal zulässige Fahrzeugquerbeschleunigung während eines ununterbrochenen Fahrbetriebes, also wenn kein Ein- bzw. Ausschalten der Zündung durch den Fahrer festgestellt wird, erhöht, solange die kurveninneren Räder nicht abheben, also noch Kontakt zur Fahrbahnoberfläche haben. Zum Überprüfen des Abhebens der kurveninneren Räder wird der Schlupf an den kurveninneren Rädern ermittelt und anschliessend überprüft, ob der Schlupf betragsmässig einen vorherbestimmten Wert unterschreitet bzw. nicht überschreitet. Als praxisgerecht hat sich ein vorherbestimmter Schlupfwert in der Größenordnung von zehn Prozent erwiesen.

[0013] Gleichfalls wird als Bedingung für das Erzeugen bzw. Erhöhen des Bremsmomentes an dem kurvenäusseren Vorderrad das Abheben der kurveninneren Räder herangezogen, also wenn der Schlupf an den kurveninneren Rädern betragsmässig einen vorherbestimmten Wert überschreitet bzw. nicht unterschreitet.

[0014] Dabei wird ein angetriebenes kurveninneres Rad dahingehend überprüft, ob ein vorherbestimmter positiver Schlupfwert überschritten bzw. nicht unterschritten wird.

[0015] Bei einem nichtangetriebenen kurveninneren Rad wird ein Bremsmoment erzeugt bzw. ein bereits eingestelltes Bremsmoment erhöht, um das nichtangetriebene kurven-

innere Rad dahingehend zu überprüfen, ob ein vorherbestimmter negativer Schlupfwert unterschritten bzw. nicht überschritten wird.

[0016] An einem angetriebenen kurveninneren Rad wird zum Überprüfen wie bei einem nichtangetriebenen kurveninneren Rad ein Bremsmoment erzeugt bzw. erhöht, wenn der Antriebsstrang des Fahrzeugs nicht geschlossen ist, also kein Kraftschluss über Kupplung und Getriebe besteht. 5

[0017] Nachfolgend wird die Erfahrung anhand eines Ausführungsbeispiels näher erläutert. Dazu zeigt die einzige 10 Zeichnung ein Flussdiagramm, das zyklisch durchlaufen wird. Dabei wird zunächst überprüft, ob die aktuelle Fahrzeugquerbeschleunigung  $a_{QUER}$  eine vorherbestimmte Grenzbeschleunigung  $a_{KRIT}$  überschreitet. Ist dies nicht der Fall, so wird der aktuelle Durchlauf abgebrochen und im 15 folgenden Zyklus der nächste Durchlauf begonnen.

[0018] Überschreitet die aktuelle Fahrzeugquerbeschleunigung  $a_{QUER}$  den vorherbestimmten Grenzwert  $a_{KRIT}$ , so werden die Schlupfwerte  $s_{VORN}$ ,  $s_{HINTEN}$  an den kurveninneren Rädern ermittelt. Danach werden die Beträge bzw. 20 Absolutwerte der Schlupfwerte  $|s_{VORN}|$ ,  $|s_{HINTEN}|$  dahingehend überprüft, ob der Schlupf an beiden kurveninneren Rädern einen vorherbestimmten Grenzschlupf  $s_{KRIT}$  überschreitet. Ist dies nicht der Fall, so wird die Grenzbeschleunigung 25  $a_{KRIT}$  um einen bestimmten Betrag  $\delta a$  erhöht.

[0019] Nur dann, wenn der Schlupf an beiden kurveninneren Rädern einen vorherbestimmten Grenzschlupf  $s_{KRIT}$  überschreitet, wird das kurvenäussere Vorderrad abgebremst, um ein seitliches Kippen des Fahrzeugs zu verhindern. 30

[0020] Im Ausführungsbeispiel wird die Grenzbeschleunigung  $a_{KRIT}$  schrittweise um den vorherbestimmten Wert  $\delta a$  erhöht. Es versteht sich aber für einen Fachmann, dass eine Erhöhung der Grenzbeschleunigung  $a_{KRIT}$  alternativ aber auch gemäß einer linearen, progressiven oder degressiven Funktion erfolgen kann. Entscheidend ist, dass durch das Erhöhen der Grenzbeschleunigung  $a_{KRIT}$  die Ansprechempfindlichkeit angepasst wird, so dass keine "unnötigen" Bremseingriffe erfolgen, sowohl um den Schlupf an den kurveninneren Rädern zu ermitteln, als auch das kurvenäussere Vorderrad abzubremsen. Dadurch wird der Fahrkomfort aufrechterhalten. 40

#### Patentansprüche

45

1. Fahrzeugsystem, das Regeleinrichtungen umfasst, die das querdydnamische Verhalten des Fahrzeugs ermitteln, um durch vom Fahrer unabhängiges Einstellen des Bremsmomentes an einzelnen Fahrzeugarädern ein stabiles Fahrzeugverhalten aufrechtzuerhalten bzw. wiederherzustellen, wobei zum Verhindern eines seitlichen Kippens des Fahrzeugs bei Kurvenfahrt an dem kurvenäusseren Vorderrad ein Bremsmoment erzeugt bzw. ein bereits eingestelltes Bremsmoment erhöht wird. 50

2. Fahrzeugsystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass eine über- oder untergeordnete Fahrodynamikregelung eingreift, wenn aufgrund des an dem kurvenäusseren Vorderrad erzeugten bzw. erhöhten Bremsmomentes ein Untersteuern des Fahrzeugs zu verhindern ist. 60

3. Fahrzeugsystem nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Bremsmoment an dem kurvenäusseren Vorderrad erzeugt bzw. erhöht wird, wenn die Fahrzeugquerbeschleunigung bzw. eine mit der Fahrzeugquerbeschleunigung in Beziehung stehende Grösse einen vorherbestimmten Grenzwert ( $a_{KRIT}$ ) überschreitet. 65

4. Fahrzeugsystem nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Grenzwert ( $a_{KRIT}$ ) in Abhängigkeit vom Beladungszustand des Fahrzeugs vorherbestimmt wird.

5. Fahrzeugsystem nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Grenzwert ( $a_{KRIT}$ ) zu Beginn eines jeden Fahrbetriebes auf einen Minimalwert ( $a_{MIN}$ ) zurückgesetzt wird.

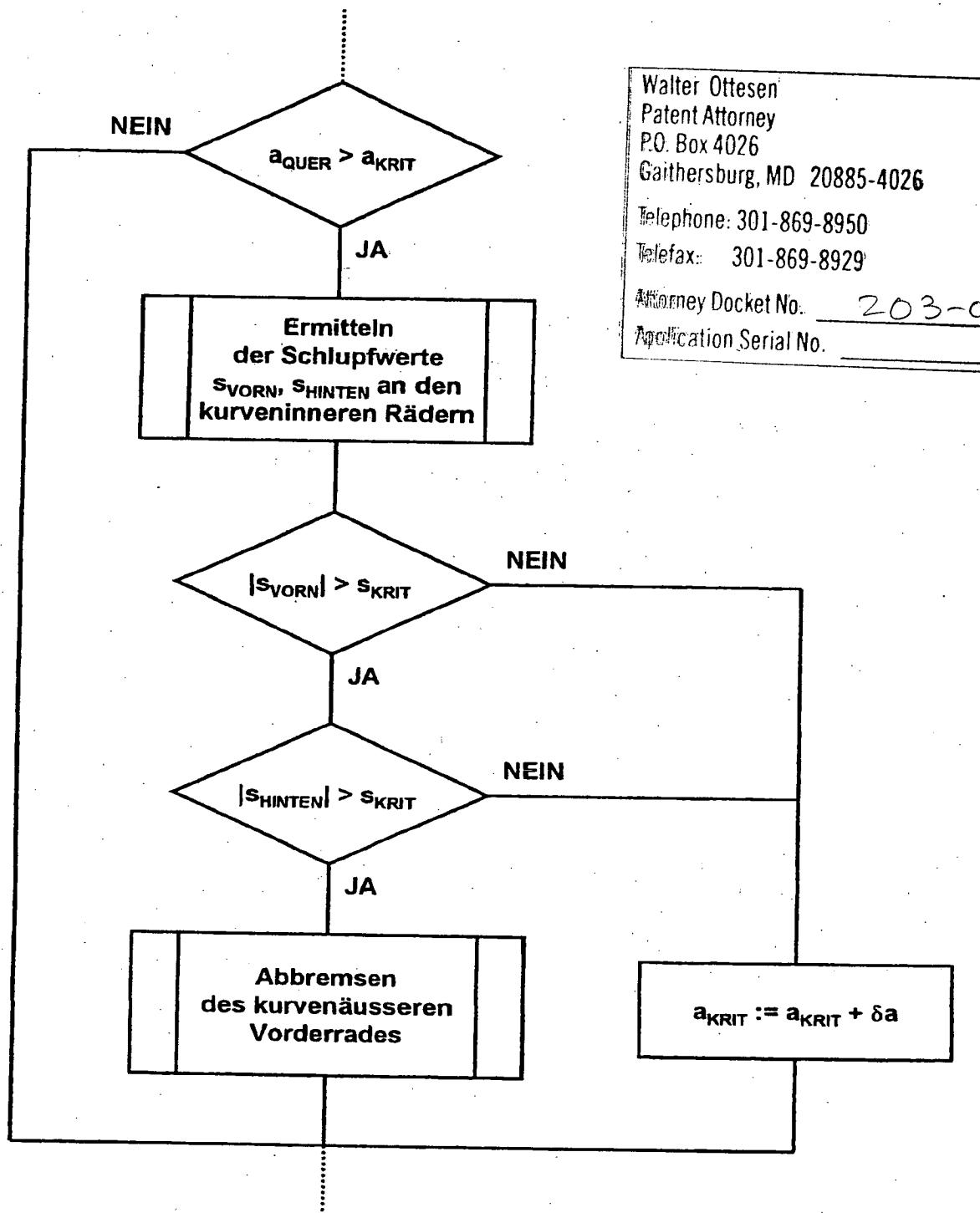
6. Fahrzeugsystem nach einem der Ansprüche 3 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Grenzwert ( $a_{KRIT}$ ) während eines Fahrbetriebes erhöht wird, so lange der Schlupf ( $s_{VORN}$ ,  $s_{HINTEN}$ ) an den kurveninneren Rädern betragsmäßig einen vorherbestimmten Wert ( $s_{KRIT}$ ) unterschreitet bzw. nicht überschreitet.

7. Fahrzeugsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Bremsmoment an dem kurvenäusseren Vorderrad dann erzeugt bzw. erhöht wird, wenn der Schlupf ( $s_{VORN}$ ,  $s_{HINTEN}$ ) an den kurveninneren Rädern betragsmäßig einen vorherbestimmten Wert ( $s_{KRIT}$ ) überschreitet bzw. nicht unterschreitet.

8. Fahrzeugsystem nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass ein angetriebenes kurveninneres Rad dahingehend überprüft wird, ob ein vorherbestimmter positiver Schlupfwert ( $+s_{KRIT}$ ) überschritten bzw. nicht unterschritten wird.

9. Fahrzeugsystem nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass an einem nichtangetriebenen kurveninneren Rad ein Bremsmoment erzeugt bzw. ein bereits eingestelltes Bremsmoment erhöht wird, um das nichtangetriebene kurveninnere Rad dahingehend zu überprüfen, ob ein vorherbestimmter negativer Schlupfwert ( $-s_{KRIT}$ ) unterschritten bzw. nicht überschritten wird.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen



Walter Ottesen  
Patent Attorney  
P.O. Box 4026  
Gaithersburg, MD 20885-4026

Telephone: 301-869-8950  
Telefax: 301-869-8929

Attorney Docket No. 203-034  
Application Serial No. \_\_\_\_\_

⑯ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑯ ⑫ Offenlegungsschrift  
⑯ ⑯ DE 101 35 020 A 1

⑯ Int. Cl. 7:  
B 62 D 37/00  
B 60 K 28/10

DE 101 35 020 A 1

⑯ Aktenzeichen: 101 35 020.1  
⑯ Anmeldetag: 18. 7. 2001  
⑯ Offenlegungstag: 13. 2. 2003

⑯ Anmelder:

Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

⑯ Erfinder:

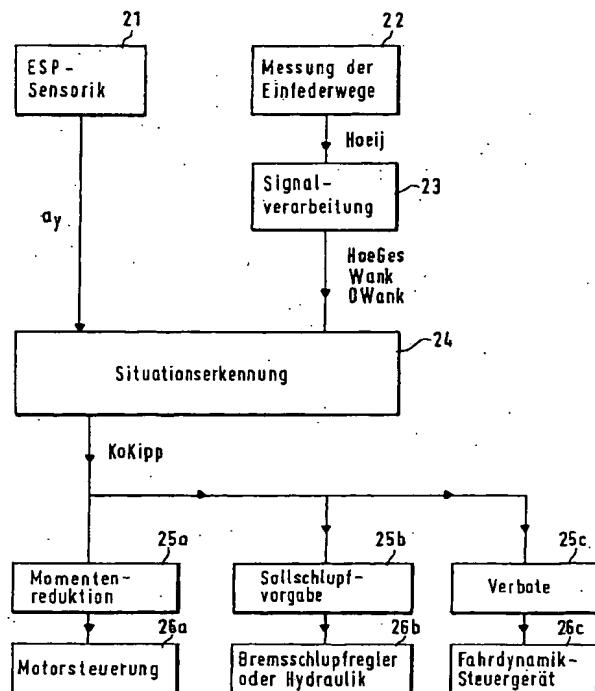
Traechtler, Ansgar, Dr., 71254 Ditzingen, DE;  
Leibeling, Frank, 71696 Möglingen, DE; Metzger,  
Marco, 71701 Schwieberdingen, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑯ Verfahren und Vorrichtung zur Erkennung und Behebung einer Umkippgefahr

⑯ Die erfindungsgemäße Vorrichtung bzw. Verfahren dient zur Erkennung und Behebung einer Umkippgefahr eines mit einem Regelungssystem ausgestatteten Fahrzeugs um eine in Längsrichtung des Fahrzeugs orientierte Fahrzeugachse. Dieses Regelungssystem steuert mit seinen Ausgangssignalen, entsprechend den Ausgangssignalwerten, Aktoren an. Zur Erkennung der Kippgefahr wird eine die Querdynamik des Fahrzeugs beschreibende Größe ermittelt. Diese die Querdynamik des Fahrzeugs beschreibende Größe wird mit wenigstens einem charakteristischen Wert, insbesondere einem Schwellenwert, verglichen. Für den Fall, dass die die Querdynamik des Fahrzeugs beschreibende Größe größer oder gleich dem charakteristischen Wert ist, wird die Menge aller möglichen vom Regelungssystem zur Stabilitätsregelung an die Aktoren abgebaren Kombinationen von Ausgangssignalwerten eingeschränkt.



## Beschreibung

## Stand der Technik

[0001] Die Erfindung geht aus von einem Verfahren und einer Vorrichtung zur Stabilisierung eines Fahrzeugs, vorzugsweise zur Vermeidung des Umkippens eines Fahrzeugs um eine in Längsrichtung des Fahrzeugs orientierte Fahrzeugsachse. Solche Vorrichtungen und Verfahren sind aus dem Stand der Technik in vielerlei Modifikationen bekannt.

[0002] Fahrzeuge mit hohem Schwerpunkt und weicher Federung, beispielsweise SUV's (= "Sport Utility Vehicles") oder Fahrzeuge, welche gleichzeitig offroad- und onroad-tauglich sein sollen, verlieren bei speziellen Fahrmanövern wie Spurwechsel, Kreisfahrt oder Kurvenfahrt mit zunehmendem Lenkwinkel an Stabilität gegenüber einer Drehung um eine in Längsrichtung des Fahrzeugs orientierte Fahrzeugsachse. Dies ist insbesondere der Fall, wenn die Schwerpunktshöhe stark variieren kann, wie z. B. beim Fahren mit und ohne Dachlast oder bei Fahrzeugen mit einem Niveau-reguliersystem. Die Standardmaßnahmen eines Fahrdynamikregelungssystems wie ESP können dies nicht in allen Fällen verhindern, da sie in erster Linie die Querdynamik bezüglich einer Drehung um die Hochachse des Fahrzeugs regeln.

[0003] Aus der DE 199 07 633 A1 ist ein einleitend erwähntes Verfahren zur Stabilisierung eines Fahrzeugs, vorzugsweise zur Vermeidung des Umkippens eines Fahrzeugs um eine in Längsrichtung des Fahrzeugs orientierte Fahrzeugsachse bekannt. Hierzu wird eine die Querdynamik des Fahrzeugs beschreibende Größe ermittelt. Diese Größe wird mit wenigstens einem charakteristischen Wert, insbesondere einem Schwellenwert, für diese Größe verglichen. Für den Fall, bei dem die die Querdynamik beschreibende Größe größer als der oder gleich dem charakteristischen Wert ist, wird die Geschwindigkeit des Fahrzeugs wenigstens durch Bremseingriffe an wenigstens einem Rad und/oder durch Motorcingriffe und/oder durch Retarderdingriffe auf einen vorgebbaren Geschwindigkeitswert reduziert oder auf einem vorgebbaren Geschwindigkeitswert gehalten.

[0004] Aus der DE 197 51 891 A1 ist eine Vorrichtung und Verfahren zur Stabilisierung eines Fahrzeugs bei Kipp-tendenz bekannt. Hierzu wird für wenigstens ein Rad eine das Radverhalten des entsprechenden Rades quantitativ beschreibende Größe ermittelt. Wenigstens in Abhängigkeit der für das wenigstens eine Rad ermittelten Größe, die das Radverhalten quantitativ beschreibt, wird ermittelt, ob für das Fahrzeug eine Kipp-tendenz um eine in Längsrichtung des Fahrzeugs orientierte Fahrzeugsachse vorliegt. Bei Vorliegen einer Kipp-tendenz werden wenigstens an wenigstens einem Rad des Fahrzeugs stabilisierende Bremseingriffe durchgeführt.

[0005] Aus der DE 198 44 912 A1 ist eine Vorrichtung und Verfahren zur Beeinflussung des Vortriebes eines Fahrzeugs bekannt. Hierzu weist die Vorrichtung erste Mittel auf, mit denen eine Querbeschleunigungsgröße erfasst wird, die die auf das Fahrzeug wirkende Querbeschleunigung beschreibt. Ferner weist die Vorrichtung zweite Mittel auf, mit denen eine Größe ermittelt wird, die das zeitliche Verhalten der Querbeschleunigungsgröße beschreibt. Ferner weist die Vorrichtung dritte Mittel auf, mit denen wenigstens in Abhängigkeit der Querbeschleunigungsgröße und der Größe, die das zeitliche Verhalten der Querbeschleunigungsgröße beschreibt, eine Eingriffsgröße ermittelt wird. Ferner weist die Vorrichtung vierte Mittel auf, mit denen zur Beeinflus-sung des Vortriebes zumindest Motoreingriffe durchgeführt werden, wobei die Motoreingriffe in Abhängigkeit der Ein-

griffsgröße vorgenommen werden.

## Vorteile der Erfindung

[0006] Die Erfindung geht von einer Vorrichtung oder einem Verfahren zur Vermeidung des Umkippens eines Fahrzeugs um eine in Längsrichtung des Fahrzeugs orientierte Fahrzeugsachse aus. Eine erhöhte Umkippgefahr kann beispielsweise bei den folgenden Fahrmanövern vorliegen:

- schneller Spurwechsel, gekennzeichnet durch eine große zeitliche Änderung der Querbeschleunigung,
- näherungsweise Kreisfahrt, gekennzeichnet durch eine Querbeschleunigung mit nahezu konstantem Betrag und eine sehr kleine zeitliche Änderung des Betrags der Querbeschleunigung,
- Kurvenfahrt.

[0007] Dazu wird eine die Querdynamik des Fahrzeugs beschreibende Größe ermittelt wird, welche mit wenigstens einem charakteristischen Wert, insbesondere einem Schwellenwert, verglichen wird. Dabei ist das Fahrzeug mit einem Regelungssystem ausgestattet ist, über dessen Ausgangssignalen entsprechend den Ausgangssignalwerten Aktoren angesteuert werden. Für den Fall, bei dem die die Querdynamik des Fahrzeugs beschreibende Größe größer oder gleich dem charakteristischen Wert ist, wird die Menge aller möglichen vom Regelungssystem zur Stabilitätsregelung an die Aktoren abgebaren Kombinationen von Ausgangssignalwerten eingeschränkt. Die Einschränkung dieser Eingriffe erfolgt durch den ROP-Regler, welcher als Teil der Software des Regelungssystems implementiert werden kann. Diese Einschränkung ermöglicht ein gezieltes Verbot derjenigen Regeleingriffe durch das Regelungssystem, welche zu einer weiteren Erhöhung der Kippgefahr führen.

[0008] Dabei ist als Regelungssystem in einer besonderen Ausgestaltung der Erfindung das Fahrdynamik-Regelungssystem ESP (= "electronic stability program") denkbar. Dieses Fahrdynamik-Regelungssystem regelt die Querdynamik des Fahrzeugs bezüglich einer Drehung um die Hochachse durch eine Regelung der individuellen Raddrehzahlen. Die Regelung der Raddrehzahlen basiert auf einem Vergleich zwischen einer gemessenen oder berechneten Ist-Gierrate sowie einer gewünschten Soll-Gierrate. Der ROP-Regler ist als Teilfunktion innerhalb ESP darstellbar.

[0009] Es ist auch denkbar, daß es sich beim Regelungssystem um ein ABS-System (ABS = "Anti-Blockier-System") handelt. Unter einem ABS-System wird eine Regeleinrichtung im Bremssystem verstanden, die das Blockieren der Räder beim Bremsen verhindert und damit die Lenkbarkeit und die Fahrstabilität erhält.

[0010] Es ist auch denkbar, daß es sich beim Regelungssystem um ein ASR-System (ASR = "Antriebsschlupf-Regelung") handelt. Unter einem ASR-System wird eine Regel-einrichtung verstanden, die ein Durchdrehen der Räder beim Anfahren und Beschleunigen verhindert und damit die Fahrstabilität sicherstellt.

[0011] Der Vorteil, dass ein Umkippen des Fahrzeugs verhindert werden kann, ist offensichtlich.

[0012] Ein Vorteil der Erfindung ist, dass damit eine Priorisierung von Regeleingriffen ermöglicht wird. Am Beispiel eines zugrunde liegenden ESP-Regelungssystems bedeutet dies, daß in einem Fahrzustand ohne erhöhte Umkippgefahr um die Fahrzeughängsachse die Regelung der Fahrdynamik um die Fahrzeughochse Priorität hat.

[0013] Sobald jedoch die die Querdynamik des Fahrzeugs beschreibende Größe größer oder gleich dem charakteristischen Wert ist, hat wird die Menge aller möglichen vom

Regelungssystem zur Stabilitätsregelung an die Aktoren abgebaren Kombinationen von Ausgangssignalwerten eingeschränkt.

[0014] Damit hat die Fahrdynamik-Regelung bzgl. der Drehung um die Hochachse nur noch eingeschränkte Priorität, da nun dem Fahrdynamik-Regelungssystem insbesondere diejenigen Fahrdynamik-Regelungseingriffe, welche eine detektierte Umlippgefahr weiter erhöhen oder nicht mindern, untersagt werden.

[0015] Die Einschränkung der Menge aller möglichen Kombinationen von Ausgangssignalwerten der an die Aktoren prinzipiell abgebaren Ausgangssignale des Regelungssystems führt damit vorteilhafterweise zur Untersagung wenigstens eines durch das Regelungssystem prinzipiell möglichen Eingriffs zur Stabilitätsregelung in des Fahrverhalten des Fahrzeuges.

[0016] Dabei kann sogar ein zur Erlangung des Regelziels des Regelungssystems geeigneter Eingriff zu untersagt werden. Unter dem Begriff des "Regelungsziels des Regelungssystems" versteht man dabei dasjenige Regelungsziel, welches vom Regelungssystem angestrebt wird, wenn keine Gefahr des Umlippens um eine in Längsrichtung orientierte Achse des Fahrzeugs vorliegt. Das bedeutet am Beispiel eines zugrunde liegenden ESP-Fahrdynamik-Regelungssystems, dass auf eine optimale Regelung der Querdynamik bezüglich einer Drehung um die Hochachse des Fahrzeugs verzichtet wird, sobald eine drohende Umlippgefahr detektiert wird. Die Behebung der Umlippgefahr hat Priorität.

[0017] Zugleich können durch diese Untersagung wenigstens eines möglichen Eingriffes in das Fahrverhalten des Fahrzeugs auch mit Nachteilen behaftete Betriebsfälle prinzipiell ausgeschlossen. Ein solcher nachteiliger Betriebsfall liegt beispielsweise vor, wenn im ASR-Betrieb die Bremse gegen den Motor arbeitet, was zu einem erhöhten Verschleiß von Bremsbelägen führt.

[0018] Weiterhin hat es sich als vorteilhaft erwiesen, daß für den Fall, bei dem die Querdynamik des Fahrzeugs beschreibende Größe größer oder gleich dem charakteristischen Wert ist, zugleich vom Regelungssystem zumindest ein Eingriff zur Stabilitätsregelung in das Fahrverhalten vorgenommen wird, dessen Intensität mit wachsendem Betrag der die Querdynamik des Fahrzeugs beschreibenden Größe derart wächst, daß zumindest drei Intensitätsstufen dieses zumindest einen Eingriffs unterscheiden werden können.

[0019] Eine vorteilhafte Ausprägung der vorliegenden Erfindung liegt vor, wenn es sich bei dem Regelungssystem um ein Fahrdynamik-Regelungssystem (ESP) handelt. Dadurch können die im Fahrdynamik-Regelungssystem vorhandenen Sensoren, insbesondere der Querbeschleunigungssensor, zur Detektion der Umlippgefahr mitbenutzt werden. Die Erfindung ist damit vorteilhafterweise sowohl hinsichtlich der benötigten Informationen sowie der ausgeführten Maßnahmen als Teilfunktion des Fahrdynamik-Regelungssystems darstellbar.

[0020] Für die Ermittlung der die Querdynamik beschreibenden Größe können vorteilhafterweise die Querbeschleunigung sowie die zeitliche Änderung der Querbeschleunigung verwendet werden. Die Verwendung der zeitlichen Änderung der Querbeschleunigung erlaubt die Erfassung von sehr hochdynamischen Vorgängen, wie beispielsweise schnellen Spurwechseln.

[0021] Es gibt Fälle, in denen die Querdynamik beschreibende Größe kurzzeitig über dem charakteristischen Wert liegt, aber sofort wieder auf einen unkritischen Wert abklingt. Zur Ausfilterung solcher Ereignisse eignet sich ein Tiefpass.

[0022] Deshalb ist es von Vorteil, wenn in die Ermittlung der die Querdynamik beschreibenden Größe eine Tiefpass-

filterung eingeht.

[0023] Eine vorteilhafte Ausführungsform liegt vor, wenn mit einem Anwachsen der die Querdynamik beschreibenden Größe (KoKipp) eine Reduktion des maximal möglichen 5 Motormoments erfolgt.

[0024] Für die Ermittlung der die Querdynamik beschreibenden Größe können vorteilhafterweise als alternative Möglichkeit auch die Einfederwege der Räder herangezogen werden. Unter dem Begriff "Einfederwege" werden da- 10 bei die relativen Abstände zwischen den Radeinheiten und dem Fahrzugaufbau verstanden. Aus den Einfederwegen kann eine der Querbeschleunigung entsprechende Größe berechnet werden. Damit stehen zwei Querbeschleunigungswerte zur Verfügung: Der vom Querbeschleunigungssensor 15 gemessene Wert und der aus den Einfederwegen berechnete Wert. Dies erlaubt eine alternative Betrachtung beider Werte oder eine Kombination beider Werte. Insbesondere wird der Einsatzbereich der vorliegenden Erfindung dadurch vorteilhafterweise beträchtlich erweitert, daß sie sowohl in einem 20 Fahrzeug, welches mit einem Querbeschleunigungssensor ausgestattet ist, einsetzbar ist als auch in einem Fahrzeug, welches mit Messvorrichtungen zur Messung der Einfederwege ausgestattet ist.

[0025] Ist das Fahrzeug mit einem Niveauregelsystem 25 ausgestattet, dann können die bei diesem System gemeinsamen Einfederwege verwendet werden und über das CAN (CAN = "Controller Area Network") dem Regelungssystem zur Verfügung gestellt werden. Für die folgenden Betrachtungen ist der Fall eines "untersteuerten" Fahrzeugs wichtig. Deshalb soll der Begriff des Untersteuerns im folgenden erklärt werden. Untersteuerndes Fahrverhalten liegt dann vor, wenn mit zunehmender Querbeschleunigung der Schräglauftwinkel an der Vorderachse stärker anwächst als der Schräglauftwinkel an der Hinterachse. Das bedeutet anschaulich, dass das Fahrzeug einer Bahnkurve mit einem kleineren Krümmungsradius folgt als vom Fahrer gewünscht. Als eine wesentliche Maßnahme gegen das Untersteuern wird vom Fahrdynamik-Regelungssystem das kurveninnere Hinterrad abgebremst.

[0026] Für den Fall, dass die die Querdynamik beschreibende Größe größer oder gleich dem charakteristischen Wert ist, kann vorteilhafterweise wenigstens einer der folgenden Eingriffe in das Fahrverhalten des Fahrzeugs dem Fahrdynamik-Regelungssystem untersagt werden:

1. Umlippgefahr liegt häufig vor, wenn das Fahrzeug sich in einem untersteuerten Zustand befindet. Dann werden dem Fahrdynamik-Regelungssystem situationsabhängig alle Eingriffe gegen das Untersteuern untersagt (ROP-Regler = Rollover-Prevention-Regler), beispielsweise das Abbremsen des kurveninneren Hinterrads. Unter dem Begriff "situationsabhängig" kann beispielweise verstanden werden, daß das Verbot der Eingriffe gegen das Untersteuern erst dann wirksam wird, wenn die Querbeschleunigung des Fahrzeugs einen Schwellenwert überschreitet. Durch das Verbot der Eingriffe gegen das Untersteuern gibt es keine weitere Zunahme des Schwimmwinkels mehr und die Umlippgefahr ist deutlich reduziert.

2. Umlippgefahr kann bestehen, wenn bei großer Geschwindigkeit und großer Querbeschleunigung gebremst wird. In diesem Fahrzustand wird dem Fahrdynamik-Regelungssystem eine Reduzierung der Bremskraft am kurvenäußeren Vorderrad untersagt. Dies führt zu einer Abnahme der Querbeschleunigung und einer Reduktion der Umlippgefahr. Diese Funktionalität wird als "Entbremslogik" bezeichnet.

3. Erhöhte Umlippgefahr besteht auch bei ASR-

Bremseingriffen am kurveninneren Vorderrad bei hoher Querbeschleunigung. Dort muß eine Erhöhung der Seitenkraft vermieden werden. Deshalb werden dem Fahrdynamik-Regelungssystem Bremseneingriffe zur Reduzierung des Antriebsschlupfes am kurveninneren Vorderrad untersagt. Dies kann auch ganz anschaulich verstanden werden: Der Fahrer betätigt das Gaspedal und das kurveninnerer Vorderrad dreht durch. In diesem Fall erlaubt der ROP-Regler bei detekterter Umlippneigung dem kurveninneren Vorderrad weiterhin das Durchdrehen.

[0027] Weitere vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung können den Unteransprüchen entnommen werden.

#### Zeichnung

[0028] Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der folgenden Zeichnung dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Die Zeichnung besteht aus den Fig. 1 bis 7.

[0029] Fig. 1 zeigt schematisch ein Regelungssystem, dessen Eingangssignale von Sensoren geliefert werden und über dessen Ausgangssignale Aktoren angesteuert werden.

[0030] Fig. 2 zeigt in Form eines Blockschaltbildes eine besondere Ausprägung der Erfindung.

[0031] Fig. 3 zeigt in Form eines Blockschaltbildes den Verfahrensablauf bei der Situationserkennung.

[0032] Fig. 4 zeigt eine Kennlinie, anhand derer der ungefilterte Umlippindikator KoKippRoh berechnet werden kann.

[0033] Fig. 5 zeigt in einem Flussdiagramm eine besondere Ausprägung der Ermittlung des gefilterten Umlippindikators KoKipp aus dem ungefilterten Umlippindikator KoKippRoh für den Fall von abnehmenden Werten von KoKippRoh.

[0034] Fig. 6 zeigt eine Kennlinie, welche die Ermittlung eines Korrekturfaktors bei gegebenem Fahrzeogniveau, charakterisiert durch HocGes, erlaubt.

[0035] Fig. 7 zeigt das maximal zulässige Motormoment als Funktion der Querbeschleunigung.

#### Ausführungsbeispiele

[0036] Bei der vorliegenden Erfindung handelt es sich um eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Erkennung und Unterdrückung einer Umlippgefahr.

[0037] Zunächst soll auf die sehr allgemeine Fig. 1 eingegangen werden. Die Blöcke 10a, ..., 10n stellen dabei Sensoren dar, deren Ausgangssignale als Eingangssignale eines Regelungssystems 11 verwendet werden. Dieses Regelungssystem 11 erzeugt wiederum Ausgangssignale, welche zur Ansteuerung verschiedenster Aktoren 12a, ..., 12n verwendet werden können. Anstelle der Aktoren oder zusätzlich zu den Aktoren können natürlich auch andere Systeme, beispielsweise Fahrerinformationssysteme, von den Ausgangssignalen des Regelungssystems 11 angesteuert werden.

[0038] Ein gegenüber Fig. 1 deutlich detaillierteres Bild einer Ausprägung der Erfindung ist in Fig. 2 wiedergegeben. Dieses Bild soll einen groben Überblick über die vorliegende Erfindung liefern.

[0039] Die Eingangssignale werden dabei von Signalquellen 21 und/oder 22 geliefert. Bei der Signalquelle 21 handelt es sich um einen Querbeschleunigungssensor, bei der Signalquelle 22 um vier Messvorrichtungen, welche die Einfederwege der Räder erfassen. Bei der Signalquelle 22 sind auch Ausführungsformen denkbar, welche nur zwei Messvorrichtungen zur Erfassung der Einfederwege beinhalten.

In diesem Fall werden lediglich die Einfederwege an den Vorderrädern oder an den Hinterrädern erfasst.

[0040] Die Signalquelle 21 liefert die gemessene Querbeschleunigung  $a_y$ . Die Signalquelle 22 liefert vier Ausgangssignale, welche in Fig. 2 mit Hoeij gekennzeichnet sind. Dabei kennzeichnet ij das entsprechende Rad. Darauf wird später näher eingegangen.

[0041] Die Signale Hoeij werden einem Block 23 zugeführt, in welchem diese Signale verarbeitet werden. Im

10 Block 23 werden aus diesen Größen die weiteren Größen HocGes, Wank und DWank berechnet und als Ausgangssignale zur Verfügung gestellt. HocGes ist ein Maß für die Schwerpunktshöhe des Fahrzeugs, Wank ist ein Maß für die Wankwinkelgeschwindigkeit, DWank ist ein Maß für die 15 zeitliche Änderung der Wankwinkelgeschwindigkeit. Aus Gründen der einfacheren Verständlichkeit wird die Bedeutung der Signale Hoeij, HocGes, Wank und DWank erst später im Zusammenhang mit Fig. 3 zu erläutert.

[0042] Die Situationserkennung findet im Block 24 statt.

20 In diesem Block wird aus den Eingangssignalen ein Umlippindikator KoKipp ermittelt. Dieser Umlippindikator stellt ein Maß für die Umlippgefahr eines Fahrzeugs um seine Längsachse dar. In einer bevorzugten Ausführungsform hat KoKipp den Minimalwert 0 und den Maximalwert 1. Dabei bedeutet der Wert 0, dass keine Umlippgefahr vorliegt und der Wert 1, dass hohe Umlippgefahr vorliegt.

[0043] Die Ausgangssignale von Block 24 werden den Blöcken 25a, 25b und 25c zugeführt. In diesen Blöcken werden die Gegenmaßnahmen im Falle einer detektierten Umlippgefahr getroffen. Dabei stehen die folgenden drei wesentlichen Maßnahmen zur Verfügung.

[0044] In Block 25a wird eine Momentenreduktion als Gegenmaßnahme gegen die Umlippgefahr bestimmt. Diese Momentenreduktion wird an die Motorsteuerung 26a weitergeleitet.

[0045] In Block 25b werden Sollschlupfwerte berechnet. Diese Soll-schlupfwerte werden an die Bremseschlupfregler 26b oder andere Steuergeräte hydraulischer Systeme weitergeleitet.

[0046] In Block 25c werden Verbote aktiviert. Durch diese Verbote wird die Menge aller von einer Fahrdynamik-Regelung prinzipiell durchführbaren Maßnahmen eingeschränkt. Auf diesen Punkt wird später detailliert eingegangen. Die Ausgangssignale des Blocks 25c werden deshalb einem Fahrdynamik-Steuergerät 26c zugeführt.

[0047] Es ist nicht zwingend notwendig, daß alle drei wesentlichen Maßnahmen zugleich ausgeführt werden müssen.

[0048] Fig. 3 zeigt in Form eines Blockschaltbildes den Verfahrensablauf zur Detektion einer Umlippgefahr. Als Eingangssignale stehen die bereits bei Fig. 2 erwähnten Signale  $a_y$ , HocGes, Wank und DWank bereit.

[0049] Dabei umfasst der strichliert eingezeichnete Block 24 diejenigen Teile, welche der Situationserkennung zugeordnet werden können. Der Block 24 wurde bereits in Fig. 2 eingeführt.

[0050] Die Blöcke 21, 22, 23, 25a, 25b, 25c, 26a, 26b und 26c wurden bereits mit Fig. 2 beschrieben. Deshalb ist Fig. 3 in Zusammenhang mit Fig. 2 zu betrachten.

[0051] In Block 31 wird die Änderung pro Zeiteinheit der gemessenen Querbeschleunigung  $a_y$  ermittelt. Diese Änderung pro Zeiteinheit wird mit  $Da_y$  gekennzeichnet. Im folgenden wird die Änderung pro Zeiteinheit als Differentialquotient bezeichnet.

[0052] In Block 32 werden aus den Eingangssignalen HocGes, Wank und DWank die Signale  $a_yw$  und  $Da_yw$  erzeugt. Das Subskript "W" kennzeichnet dabei, dass es sich nicht um gemessene, sondern um aus dem gefilterten Wankwinkel abgeleitete Größen handelt, welche die physikalisch-

sche Bedeutung der Querbeschleunigung  $a_y$  und des Differentialquotienten  $D_{ay}$  der Querbeschleunigung haben.

[0053] Damit stehen dem Block 33 die Eingangssignale  $a_{y\text{Dar}}$ ,  $a_{yw}$  sowie  $D_{ayw}$  zur Verfügung. Dabei beschreiben sowohl  $a_y$  als auch  $a_{yw}$  die Querbeschleunigung.  $D_{ay}$  und  $D_{ayw}$  beschreiben die entsprechenden Differentialquotienten, also die Änderungen pro Zeiteinheit. Deshalb können für die Weiterverarbeitung in Block 33 entweder die Signale  $a_y$  und  $D_{ay}$  oder  $a_{yw}$  und  $D_{ayw}$  oder beide zusammen verwendet werden. Im folgenden sei ohne Beschränkung der Allgemeinheit angenommen, daß lediglich die Signale  $a_y$  und  $D_{ay}$  weiterverarbeitet werden. Alle Aussagen, die bzgl. der Signale  $a_y$  und  $D_{ay}$  gemacht werden, gelten selbstverständlich auch für die Signale  $a_{yw}$  und  $D_{ayw}$  oder für weitere Signale, welche in irgendeiner Weise aus den vier genannten Signalen hervorgehen und die Bedeutung einer Querbeschleunigung und derer Differentialquotienten haben.

[0054] Als Ausgangssignal liefert Block 33 Maßzahl  $a_{y\text{eff}}$ . Es wurden bereits einige Fahrmanöver erwähnt, welche zu einer erhöhten Umkipgefahr führen können. Bei diesen Manövern liegt entweder eine große Querbeschleunigung und/oder eine große zeitliche Ableitung des Betrags der Querbeschleunigung vor. Diese Situationen lassen sich gemeinsam in einer Maßzahl  $a_{y\text{eff}}$  durch gewichtete Addition berücksichtigen. Die Maßzahl  $a_{y\text{eff}}$  wird deshalb folgendermaßen ermittelt:

$a_{y\text{eff}} = |a_y| + c \cdot |D_{ay}|$  bei zunehmender Querbeschleunigung, d. h.  $a_y \cdot D_{ay} > 0$  und

$a_{y\text{eff}} = |a_y|$  bei nicht zunehmender Querbeschleunigung, d. h.  $a_y \cdot D_{ay} < 0$  oder  $a_y \cdot D_{ay} = 0$ .

[0055] Dabei kennzeichnet  $D_{ay}$  den Differentialquotienten der Querbeschleunigung. Im Falle einer zunehmenden Querbeschleunigung ist die Berücksichtigung von  $D_{ay}$  deshalb notwendig, damit eine Umkipgefahr rechtzeitig detektiert werden kann. Im Falle einer abnehmenden Querbeschleunigung ist die Berücksichtigung von  $D_{ay}$  nicht notwendig.

[0056]  $c$  kann eine Konstante sein, welche in der Applikationsphase experimentell ermittelt wird. Durch Fahren von Spurwechseln ist  $c$  dann so zu wählen, dass auch bei instationären Manövern der Umkippindikator KoKipp rechtzeitig anspricht. Es ist aber auch möglich,  $c$  aus einer Kennlinie zu ermitteln. Bei dieser Kennlinie ist auf der Ordinate  $c$  aufgetragen, auf der Abszisse wird die Differenz zwischen der ungefilterten Querbeschleunigung und der gefilterten Querbeschleunigung aufgetragen. Diese Differenz ist eine Maßzahl für die Dynamik des Fahrmanövers. Bei hochdynamischen Fahrmanövern wie beispielsweise einem schnellen Spurwechsel des Fahrzeugs ist die Differenz zwischen der ungefilterten Querbeschleunigung und der gefilterten Querbeschleunigung groß und damit wird auch ein großes  $c$  gewählt. Bei niederdynamischen Fahrmanövern wie beispielsweise einer Kreisfahrt mit konstanter Geschwindigkeit des Fahrzeugs ist die Differenz zwischen der ungefilterten Querbeschleunigung und der gefilterten Querbeschleunigung klein und damit wird auch ein kleines  $c$  gewählt.

[0057] In Block 34 wird aus dem Eingangssignal  $a_{y\text{eff}}$  das Ausgangssignal  $a_{y\text{eff}}/a_{y\text{max}}$  ermittelt. Dazu wird in der Applikationsphase bei stationärer Kreisfahrt experimentell ermittelt, bei welcher Querbeschleunigung  $a_{y\text{max}}$  das Fahrzeug umzukippen droht. Dieser Wert ist abhängig von der Schwerpunktshöhe des Fahrzeugs. Falls weitergehende Informationen über die Schwerpunktshöhe verfügbar sind, beispielsweise durch Auswertung der Linsfederwege, ist  $a_{y\text{max}}$  entsprechend situationsabhängig zu korrigieren. Andernfalls ist die Schwelle so niedrig zu halten, dass sämtliche maßgebenden Situationen wie beispielsweise die Bela-

dung oder das eingestellte Fahrniveau sicher beherrschbar bleiben. Weiterhin kann auch eine Korrektur durch andere vorhandene Signale, beispielsweise durch die Fahrgeschwindigkeit, sinnvoll sein. Der konstante oder situationsabhängige Wert  $a_{y\text{max}}$  stellt eine Schwelle für  $a_{y\text{eff}}$  dar, die nicht überschritten werden darf.

[0058] Aus dem Verhältnis von  $a_{y\text{eff}}$  zu  $a_{y\text{max}}$  wird in Block 35 ein ungefilterter Umkippindikator KoKippRoh berechnet, der angibt, wie stark die Kipgefahr ist.

[0059] Eine bevorzugte Kennlinie, anhand derer der ungefilterte Umkippindikator KoKippRoh berechnet werden kann, ist in Fig. 4 dargestellt. Dort ist KoKippRoh als Funktion des Verhältnisses  $a_{y\text{eff}}/a_{y\text{max}}$  aufgetragen. Es handelt sich um eine stetige, stückweise lineare Funktion, welche für  $a_{y\text{eff}}/a_{y\text{max}} < a_0$  den Wert 0 annimmt, welche für  $a_{y\text{eff}}/a_{y\text{max}} > a_1$  den Wert 1 annimmt und dazwischen linear von 0 auf 1 wächst.  $KoKippRoh = 0$  bedeutet dabei keine Kipgefahr,  $KoKippRoh = 1$  bedeutet hohe Kipgefahr. Über die Konstanten  $a_0$  und  $a_1$  lassen sich Ansprechschwelle und Empfindlichkeit des Umkippindikators einstellen. Selbstverständlich sind auch andere Kennlinienverläufe als der in Fig. 4 dargestellte Kennlinienverlauf denkbar.

[0060] Dieser ungefilterte Umkippindikator KoKippRoh geht als Eingangssignal in einen Block 36 ein. Dort wird er

bei abnehmenden Werten von KoKippRoh mit einem Tiefpass erster Ordnung gefiltert. Im Falle einer steigenden Querbeschleunigung kann dazu eine schnelle Filterung verwendet werden. Im Falle einer fallenden Querbeschleunigung kann dazu eine Filterung mit einem variablen Filterkoefizienten verwendet werden. Dies entspricht der Verwendung einer Kennlinie. Diese Tiefpassfilterung erlaubt, kurzzeitige Spitzen von KoKippRoh auszublenden. Durch diese Maßnahmen wird in Block 36 aus dem ungefilterten Umkippindikator KoKippRoh der Umkippindikator KoKipp

gewonnen.

[0061] Fig. 5 zeigt ein spezielles Ausführungsbeispiel von Block 36 in Fig. 3. In einem Flussdiagramm wird die Ermittlung des gefilterten Umkippindikators KoKipp aus dem ungefilterten Umkippindikator KoKippRoh für den Fall von abnehmenden Werten von KoKippRoh dargestellt. Die ermittelten Werte KoKippRoh werden für den Fall, dass sie abnehmen, als Eingangssignale in einen Block 51 eingespeist, der in einer bevorzugten Ausführungsform ein Tiefpass 1. Ordnung ist. Block 51 erzeugt als Ausgangssignal das gefilterte Signal KoKippRoh1, welches neben dem Signal KoKippRoh einem Block 52 zugeführt wird. Dort wird das Maximum der Werte der beiden Signale KoKippRoh und KoKippRoh1 bestimmt. KoKipp erhält den Maximalwert der beiden Signale zugewiesen.

[0062] Analog zum ungefilterten Umkippindikator KoKippRoh nimmt auch der Umkippindikator KoKipp in einer bevorzugten Ausführungsform Werte zwischen 0 und 1 an.  $KoKipp = 0$  bedeutet dabei keine Kipgefahr,  $KoKipp = 1$  bedeutet hohe Kipgefahr.

[0063] Abhängig vom ermittelten Wert von KoKipp werden parallel zwei völlig unterschiedliche Arten von ROP-Reglereingriffen durchgeführt: Kontinuierliche Reglereingriffe sowie diskrete Verbote.

[0064] Es finden zwei Arten von kontinuierlichen Reglereingriffen statt (Blöcke 25a, 25b, 26a, 26b):

1. Im Antriebsfall wird für  $KoKipp > 0$  in zunehmendem Maß das Antriebsmoment reduziert. Dies geschieht in der bei der Fahrdynamikregelung (= ESP) üblichen Weise über die Funktion ASR (= Antriebschlupfregelung), indem der Antriebssollschlupf (= Sollwert für ASR) proportional zum Wert von KoKipp reduziert wird.

2. Für den Freilauf- und den Bremsfall (und auch falls die eben erwähnte erste kontinuierliche Maßnahme im Antriebsfall nicht ausreicht) wird, wenn KoKipp eine Schwelle überschreitet, das kurvenäußere Vorderrad in Bremschlupf gebracht, so dass das Fahrzeug seitlich wegrutschen kann. Dies geschieht über eine hohe Bremschlupfvorgabe am kurvenäußeren Vorderrad, die mit einem aktiven Druckaufbau verbunden ist. Auch diese Eingriffsart ist Bestandteil von ESP.

[0065] Diese kontinuierlichen Reglereingriffe setzen bei einem ersten Schwellenwert von KoKipp ein und werden mit wachsendem Wert KoKipp mit einer steigenden Intensität durchgeführt. Ab einem zweiten (und größeren) Schwellenwert von KoKipp werden sie mit maximaler Intensität durchgeführt.

[0066] Neben diesen kontinuierlichen Eingriffen gibt es 3 diskrete Verbote für den Regler. Für diese sind die Blöcke 25c und 26c zuständig.

1. Dem ROP-Regler (ROP-Regler = Rollover-Prevention-Regler) werden situationsabhängig alle Eingriffe gegen das Untersteuern untersagt. Unter dem Begriff "situationsabhängig" kann beispielsweise verstanden werden, daß das Verbot der Eingriffe gegen das Untersteuern erst dann wirksam wird, wenn die Querbeschleunigung des Fahrzeugs einen Schwellenwert überschreitet. Durch das Verbot der Eingriffe gegen das Untersteuern gibt es keine weitere Zunahme des Schwimmwinkels mehr und die Umkippgefahr ist deutlich reduziert.

2. Dem Regler wird eine Reduzierung der Bremskraft am kurvenäußeren Vorderrad untersagt. Dies ist natürlich nur möglich, falls dieses Rad überhaupt gebremst wird. Dies führt zu einer Abnahme der Querbeschleunigung und einer Reduktion der Umkippgefahr. Diese Funktionalität des ROP-Reglers wird als "Entbremslogik" bezeichnet.

3. Es werden dem Fahrdynamik-Regelungssystem Bremseneingriffe zur Reduzierung des Antriebschlupfes am kurveninneren Vorderrad untersagt. Dies kann auch ganz anschaulich verstanden werden: Der Fahrer betätigt das Gaspedal und das kurveninnerer Vorderrad dreht durch. In diesem Fall erlaubt der ROP-Regler bei detektierter Umkippgefahr dem kurveninneren Vorderrad weiterhin das Durchdrehen.

[0067] Die diskreten Verbote 2 und 3 werden für den Regler sofort wirksam, sobald die ROP-Logik aktiviert ist, d. h. sobald KoKipp einen Wert KoKippGrenz überschreitet. In einer vorteilhaften Ausführungsform wird für KoKippGrenz der Wert 0 gewählt.

[0068] Das diskrete Verbot 1 wird in einer bevorzugten Ausführungsform erst dann wirksam, wenn neben der Aktivierung der ROP-Logik noch eine zweite Bedingung oder sogar noch weitere Bedingungen erfüllt sind. Wie bereits erwähnt kann eine solche weitere Bedingung darin bestehen, daß die Querbeschleunigung einen Schwellenwert überschreitet. Das bedeutet anschaulich, daß das erste diskrete Verbot erst zu einem späteren Zeitpunkt als die 2. und 3. diskreten Verbote in Kraft treten kann. Bei als gering detektierter Umkippgefahr können das 2. und das 3. Verbot zur Behebung der Umkippgefahr ausreichen.

[0069] Neben der Situationserkennung durch Auswertung der vom Querbeschleunigungssensor 10 gelieferten Ausgangssignale besteht alternativ oder zusätzlich die Möglichkeit der Situationserkennung durch Betrachtung der Einfederwege der Räder. Im folgenden werden die Einfederwege

Hoeij der Räder als HoeVL, HoeVR, HoeHL und HoeHR näher spezifiziert. Dabei sind

HoeVL = Einfederweg am linken Vorderrad,

HoeVR = Einfederweg am rechten Vorderrad,

HoeHL = Einfederweg am linken Hinterrad und

HoeHR = Einfederweg am rechten Hinterrad.

[0070] Diese Größen werden oft im Zusammenhang mit einem Niveauregelungssystem gemessen und stehen dann zur weiteren Auswertung zur Verfügung. Die Messung erfolgt in Fig. 3 in Block 22.

[0071] Block 23 verwendet die Einfederwege als Eingangssignale und berechnet daraus die Größen Wank, DWank und HoeGes.

[0072] Aus der seitenweisen Differenz der Einfederwege lassen sich der gefilterte Wankwinkel Wank und die Wankwinkelgeschwindigkeit DWank schätzen, aus der Summe das Fahrzeogniveau HoeGes. Der gefilterte Wankwinkel ist dabei in einer recht guten Näherung proportional zur Querbeschleunigung. Mit einem festen Parameter  $P_{ay}$ , der von der Wanksteifigkeit des Fahrzeuges abhängt, werden der gefilterte Wankwinkel in eine äquivalente Querbeschleunigung  $a_{yw}$  und entsprechend die Wankwinkelgeschwindigkeit in die zeitliche Ableitung der Querbeschleunigung, gekennzeichnet durch  $Day_w$  umgerechnet. Dies geschieht durch die Beziehungen

$$a_{yw} = P_{ay} \cdot Wank$$

und

$$Day_w = P_{ay} \cdot DWank.$$

[0073] Das Subskript "W" kennzeichnet dabei, dass es sich nicht um gemessene, sondern um aus dem gefilterten Wankwinkel abgeleitete Größen handelt.  $a_{yw}$  und  $Day_w$  ersetzen damit die Größen  $a_y$  und  $Day$ .

[0074] Der ungefilterte Wankwinkel WankRoh errechnet sich dabei durch die folgende Beziehung:

$$WankRoh = \tan(WankRoh) = (HoeVR + HoeHR - HoeVL - HoeHL)/(2 \cdot \text{Radstand}).$$

[0075] Durch Filterung mit einem Zustandsfilter 2. Ordnung wird der ungefilterte Wert WankRoh geglättet und man erhält damit den gefilterten Wankwinkel Wank. Gleichzeitig wird die Wankwinkelgeschwindigkeit DWank durch Differenzierung gebildet. Dieser Vorgang lässt sich formal darstellen durch

$$[Wank, DWank] = \text{Filter}(WankRoh).$$

[0076] Neben dem Wankwinkel lässt sich aus den Einfederwegen auch eine geschätzte gefilterte Schwerpunktshöhe HoeGes berechnen. Diese gefilterte Schwerpunktshöhe HoeGes bezieht sich auf denselben Nullpunkt wie die Einfederwege und stellt damit eine Abweichung der absoluten Schwerpunktshöhe von einer (konstruktionsabhängigen) Bezugshöhe dar. Einen ungefilterten Rohwert HoeGesRoh der Schwerpunktshöhe erhält man aus den gemittelten Einfederwegen:

$$HoeGesRoh = (HoeVR + HoeHR + HoeVL + HoeHL)/4.$$

[0077] Anschließend wird der Rohwert mit einem Filter 1. Ordnung geglättet und man erhält die gefilterte Schwerpunktshöhe HoeGes:

$$HoeGes = P1(HoeGesRoh).$$

[0078] Die Kenntnis von HoeGes, erlaubt die Bildung eines Korrekturfaktors, mit dem die Querbeschleunigungsschwelle  $a_{y_{max}}$  multiplikativ korrigiert wird. Ein bevorzugter Verlauf dieses Korrekturfaktors als Funktion von HoeGes ist in Fig. 5 dargestellt.

[0079] Selbstverständlich kann diese Kennlinie aber auch wesentlich anders aussehen. Für kleine Werte von HoeGes ( $HoeGes < h_0$ ) hat der Korrekturfaktor den Wert 1. Das bedeutet, daß die Querbeschleunigungsschwelle  $a_{y_{max}}$  nicht korrigiert wird. Für große Werte von HoeGes, dies entspricht einem hochliegenden Schwerpunkt des Fahrzeugs,

wird der Korrekturfaktor geringer. Damit findet bereits ein früherer Eingriff der ROP-Logik in die Fahrdynamik statt. [0080] Die Parameter  $b$ ,  $h_0$  und  $h_1$  erlauben eine weitgehende Anpassung der Kennlinie, beispielsweise an den Fahrzeugtyp.

[0081] Die Einfederwege können auch zur Genauigkeitsüberwachung bzw. zur Empfindlichkeitsüberwachung des Gierratensensors herangezogen werden. Dann wird die aus den Einfederwegen berechnete Größe  $a_{yw}$  nicht anstelle der gemessenen Querbeschleunigung  $a_{yw}$  verwendet, sondern um die Empfindlichkeit des Querbeschleunigungssignals zu überwachen. In stationären Fahrsituationen, z. B. gekennzeichnet durch kleine Änderungen der Querbeschleunigung, werden bei Signale verglichen und bei Abweichungen wird daraus ein Korrekturfaktor für die Querbeschleunigung errechnet.

[0082] In einer weiteren Ausführungsform ist folgende Überwachung denkbar:

- stimmen die Signale  $a_{yw}$  und  $a_{yw}$  gut überein, dann wird der Gierratensensor als hinreichend genau angenommen.
- stimmen die Signale  $a_{yw}$  und  $a_{yw}$  nicht gut überein, dann ist eine ausreichende Genauigkeit des Ausgangssignals des Gierratensensors nicht gesichert. In diesem Fall wird die ROP-Logik ausgeschaltet.

[0083] Auch die Situationserkennung lässt sich erweitern und verbessern, indem bei der Berechnung von  $a_{yeff}$  zusätzlich zu  $a_y$  und  $D_{ay}$  ein vom Lenkwinkel und Lenkwinkelgradienzen abhängiger Anteil mit dazu addiert wird, der sowohl bei grossem Lenkwinkelgradienten als auch bei großem Lenkwinkel ein frühzeitiges Erreichen der Schwelle  $a_{ymax}$  ermöglicht. Dieser vom Lenkwinkel abhängige Anteil wird in seiner Wirkung zeitlich begrenzt.

[0084] Es soll betont werden, dass abhängig von der Querbeschleunigung das Antriebsmoment auch außerhalb einer ASR-Regelung reduziert werden kann. Somit kann eine Geschwindigkeitszunahme und damit eine steigende Querbeschleunigung verhindert werden. In Fig. 7 ist entlang der Ordinate das maximale mögliche Motormoment  $M$  aufgetragen. Entlang der Abszisse ist die gefilterte effektive Querbeschleunigung  $a_{yeffF}$  aufgetragen. Bei der Filterung kann es sich beispielsweise um eine PT1-Filterung mit einem Tiefpass 1. Ordnung handeln. Von  $a_{yeffF} = 0$  bis zu einer Einschaltschwelle  $a_{yeffF} = a_{10}$  findet keine Reduktion des maximal möglichen Motormoments statt. Der Wert von  $a_{10}$  kann beispielsweise 5 m/s<sup>2</sup> betragen.

[0085] Zwischen  $a_{yeffF} = a_{10}$  und  $a_{yeffF} = a_{20}$  wird das maximal mögliche Motormoment kontinuierlich zurückgenommen. Für  $a_{yeffF} = a_{20}$  liegt die volle Reduktion vor, d. h. das Motormoment verschwindet ganz und der Fahrer kann nicht mehr Gas geben. Ein sinnvoller Wert von  $a_{20}$  kann in der Größenordnung 10 m/s<sup>2</sup> liegen. Es ist denkbar, die Werte  $a_{10}$  und  $a_{20}$  beispielsweise mit den Werten  $a_0$  und  $a_1$  (siehe Fig. 4) zu korrelieren. Beispielsweise ist die Wahl  $a_{10} = a_0$  und  $a_{20} = a_1$  denkbar. Wird in einem Diagramm entlang der Abszisse die Größe  $KoKipp$  und entlang der Ordinate wieder das maximal mögliche Motormoment aufgetragen, so ergibt sich eine qualitativ gleiche Kurve wie in Fig. 7. Dies hängt mit der engen Verzahnung von  $KoKipp$  und  $a_{yeffF}$  zusammen. Deshalb kann das maximal mögliche Motormoment auch mit wachsendem Wert von  $KoKipp$  reduziert werden.

#### Patentansprüche

##### 1. Vorrichtung zur Erkennung und Behebung einer

Umkippgefahr eines mit einem Regelungssystem (11) ausgestatteten Fahrzeugs um eine in Längsrichtung des Fahrzeugs orientierte Fahrzeugachse, wobei mit den Ausgangssignalen des Regelungssystems entsprechend den Ausgangssignalwerten Aktoren (12a, ..., 12n) und/oder Fahrerinformationssysteme angesteuert werden und

wobei mit der Vorrichtung eine die Querdynamik des Fahrzeugs beschreibende Größe (KoKipp) ermittelt wird, mit der die die Querdynamik des Fahrzeugs beschreibende Größe mit wenigstens einem charakteristischen Schwellenwert (KoKippGrenz) für die die Querdynamik des Fahrzeugs beschreibende Größe verglichen wird, dadurch gekennzeichnet,

daß für den Fall, bei dem die die Querdynamik des Fahrzeugs beschreibende Größe (KoKipp) größer oder gleich dem charakteristischen Wert (KoKippGrenz) ist, die Menge aller möglichen vom Regelungssystem (11) zur Stabilitätsregelung an die Aktoren (12a, ..., 12n) und/oder Fahrerinformationssysteme abgebbaren Kombinationen von Ausgangssignalwerten eingeschränkt wird.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet dass die Einschränkung der Menge aller möglichen vom Regelungssystem (11) zur Stabilitätsregelung an die Aktoren und/oder Fahrerinformationssysteme abgebbaren Kombinationen von Ausgangssignalwerten zur Untersagung wenigstens eines durch das Regelungssystem (11) prinzipiell möglichen Eingriffs zur Stabilitätsregelung in das Fahrverhalten des Fahrzeugs führt.

3. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß für den Fall, bei dem die die Querdynamik des Fahrzeugs beschreibende Größe (KoKipp) größer oder gleich dem charakteristischen Wert (KoKippGrenz) ist, zugleich vom Regelungssystem (11) zumindest ein Eingriff zur Stabilitätsregelung in das Fahrverhalten des Fahrzeugs vorgenommen wird, dessen Intensität mit wachsendem Wert der die Querdynamik beschreibenden Größe (KoKipp) der gestalt wächst, daß zumindest drei Intensitätsstufen dieses zumindest einen Eingriffs unterscheiden werden können.

4. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass es sich bei dem Regelungssystem (11) um ein Fahrdynamik-Regelungssystem handelt.

5. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass für die Ermittlung der die Querdynamik beschreibenden Größe die Querbeschleunigung ( $a_y$ ,  $a_{yw}$ ) sowie die zeitliche Änderung der Querbeschleunigung ( $D_{ay}$ ,  $D_{ayw}$ ) verwendet werden.

6. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass in die Ermittlung der die Querdynamik beschreibenden Größe (KoKipp) eine Tiefpass-Filtrierte eingeht.

7. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass mit einem Anwachsen der die Querdynamik beschreibenden Größe (KoKipp) eine Reduktion des maximal möglichen Motormoments erfolgt.

8. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Ermittlung der die Querdynamik beschreibenden Größe (KoKipp) durch Verwendung von Größen, welche die relativen Abstände zwischen den Radeinheiten und dem Fahrzeugaufbau beschreiben (Hoeij), erfolgt.

9. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass aus den Größen, welche die relativen Abstände zwischen den Radeinheiten und dem Fahrzeugaufbau (Hoeij) beschreiben, eine Querbeschleuni-

gung ( $a_{yw}$ ) sowie deren zeitliche Änderung ( $Da_{yw}$ ) berechnet werden.

10. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet,  
dass für den Fall, dass die die Querdynamik beschreibende Grösse grösser oder gleich dem charakteristischen Wert ist, wenigstens einer der folgenden Eingriffe in das Fahrverhalten des Fahrzeuges dem Fahrdynamik-Regelungssystem untersagt werden:  
alle Eingriffe gegen das Untersteuern werden dem 10  
Regler untersagt oder

eine Reduzierung der Bremswirkung am kurvenäusseren Vorderrades wird dem Regler untersagt oder  
Bremseneingriffe zur Reduzierung des Antriebsschlupfes am kurveninneren Vorderrad werden dem Fahrdynamik-Regelungssystem untersagt. 15

11. Verfahren zur Erkennung und Behebung einer Umpfgefahren eines mit einem Regelungssystem (11) ausgestatteten Fahrzeuges um eine in Längsrichtung des Fahrzeuges orientierte Fahrzeugachse, wobei mit den 20 Ausgangssignalen des Regelungssystems entsprechend den Ausgangssignalwerten Aktoren (12a, ..., 12n) und/oder Fahrerinformationssysteme angesteuert werden und

wobei mit dem Verfahren eine die Querdynamik des 25 Fahrzeuges beschreibende Größe (KoKipp) ermittelt wird, mit der die die Querdynamik des Fahrzeuges beschreibende Größe mit wenigstens einem charakteristischen Schwellenwert (KoKippGrenz) für die die Querdynamik des Fahrzeuges beschreibende Größe verglichen wird, 30

gekennzeichnet durch folgenden Schritt:

daß für den Fall, bei dem die die Querdynamik des Fahrzeuges beschreibende Größe grösser oder gleich dem charakteristischen Wert ist, die Menge aller möglichen vom Regelungssystem zur Stabilitätsregelung an die Aktoren abgabaren Kombinationen von Ausgangssignalwerten eingeschränkt wird. 35

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

40

45

50

55

60

65

**- Leerseite -**

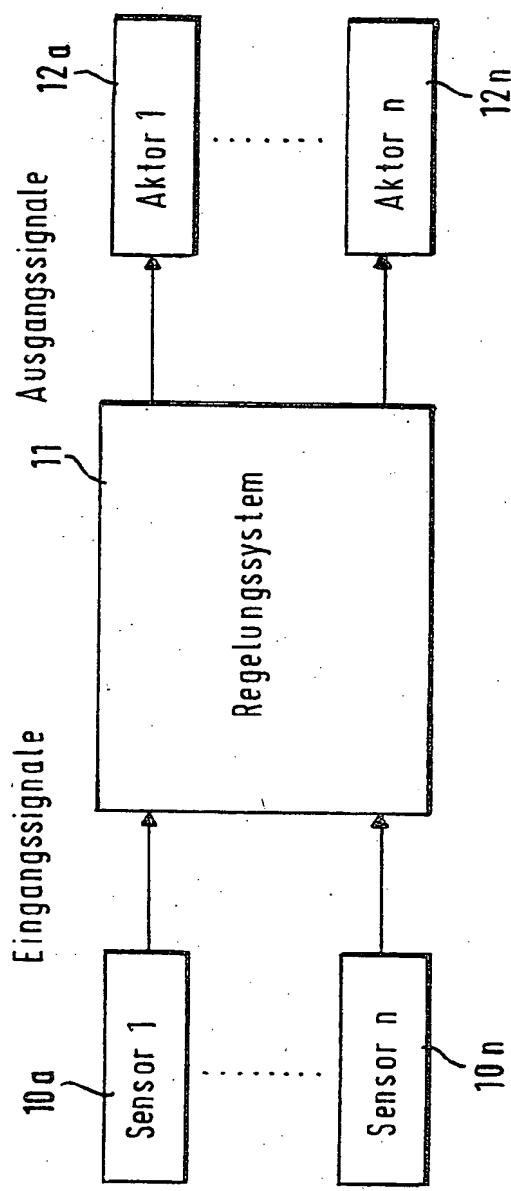


Fig. 1

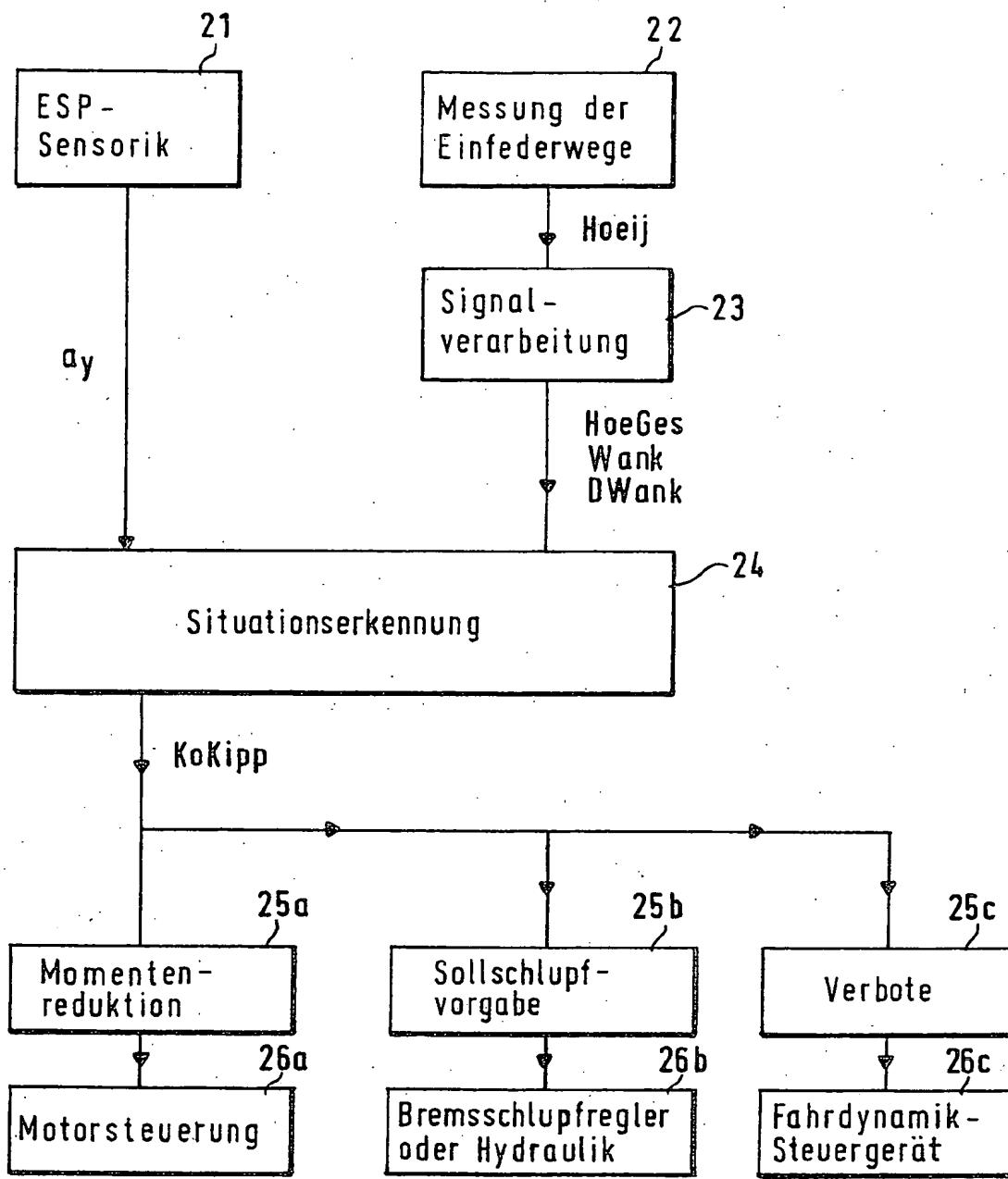


Fig. 2

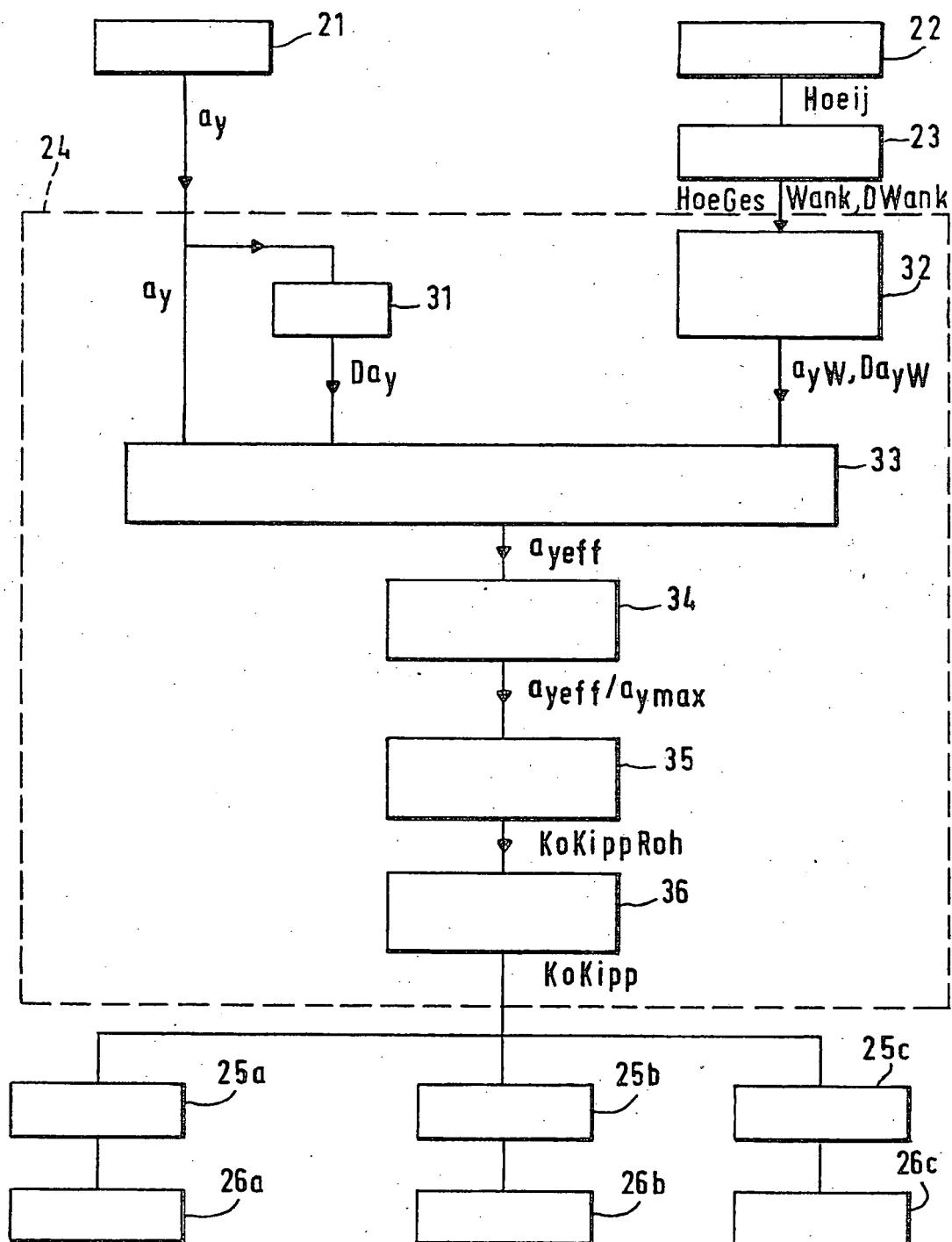


Fig. 3

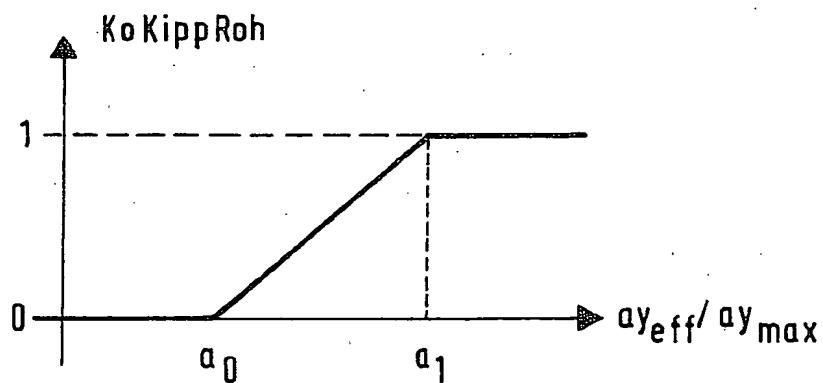


Fig. 4

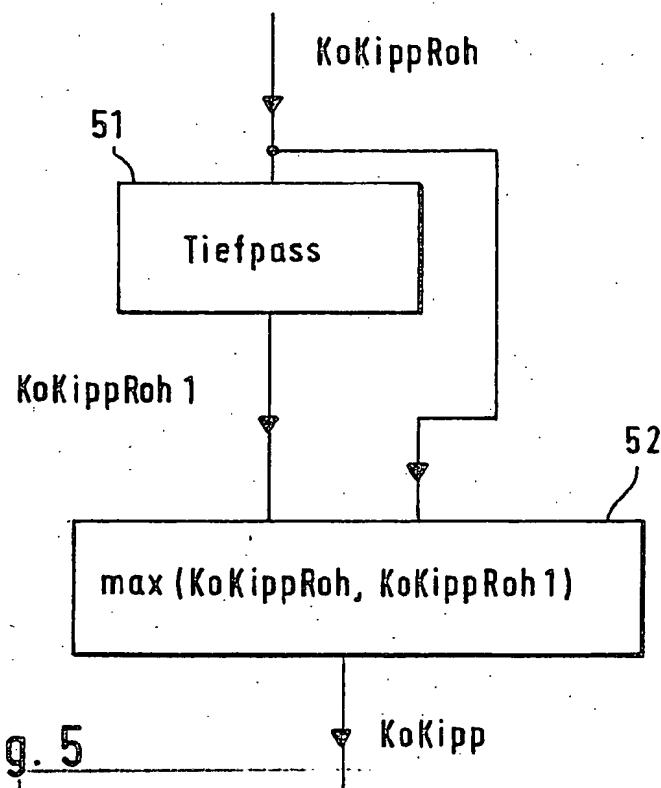
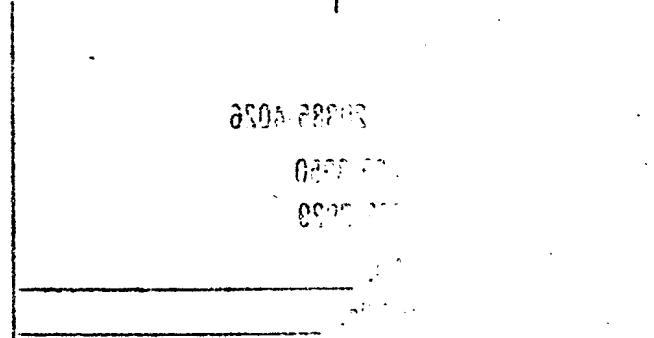


Fig. 5



Korrekturfaktor

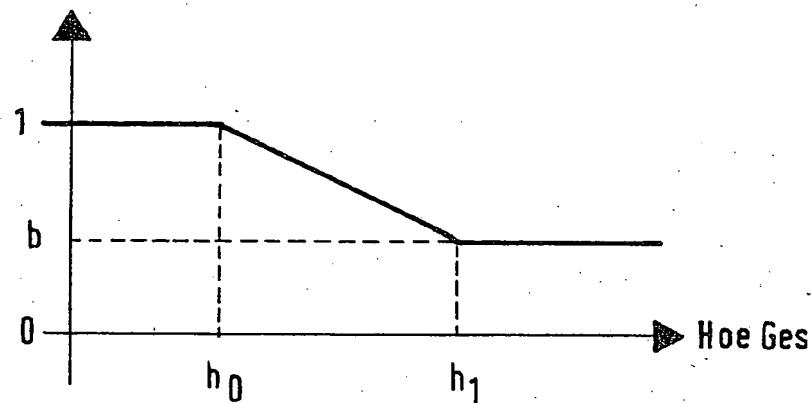


Fig. 6

M (Nm)

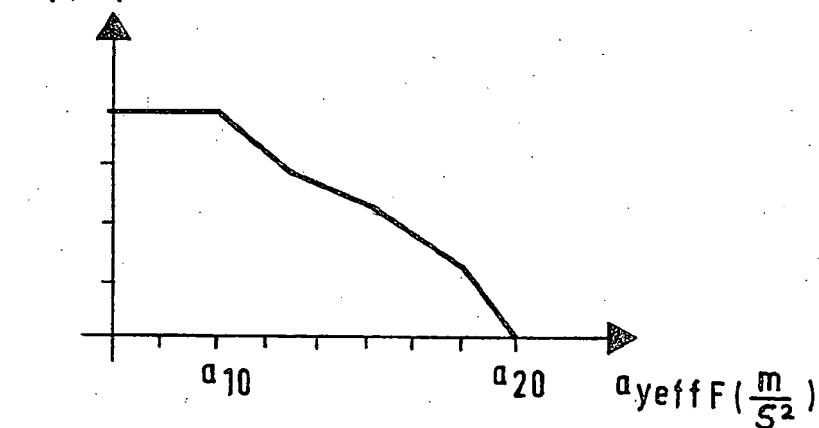


Fig. 7

Walter Ottesen  
Patent Attorney  
P.O. Box 4026  
Gaithersburg, MD 20885-4026

Telephone: 301-869-8950

Telefax: 301-869-8929

Attorney Docket No. 203-034

Aplication Serial No. \_\_\_\_\_